



Original Article

Investigate the Water Activity of Different Solutions According to Solute Concentration for Preparing Wet Filtration Solution

Nguyen Minh Chau, Pham Thanh Dong, Nguyen Minh Viet,
Do Dinh Khai, Nguyen Thi Thuy, Trinh Thi Phong Huong,
Tran Duc Khanh, Vu Ha Giang, Hoang Van Ha*

VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Thanh Xuan, Hanoi, Vietnam

Received 01 July 2021

Revised 08 August 2021; Accepted 20 December 2021

Abstract: According to the World Health Organization (WHO), air pollution ranks 6th among the leading causes of death globally. The wet porous membrane filter has been widely used in dust removal, VOCs, and acid gas absorption. The wet filtration solutions need to ensure a low water activity that limits the release of moisture into the air, inhibits microbial growth, and can absorb dangerous gases. This study investigated the water activity of NaCl, NaNO₃, K₂CO₃, KCl, K₂SO₄, Mg(NO₃)₂, MgCl₂, and CaCl₂ solutions at different concentrations to saturation at 25 °C. NaCl and NaOH solutions are not only investigated at different concentrations but also investigated the effect of temperature in the range of 0-40 °C. Some solution formulas are suggested that ensures the following properties: low water activity, antifungal, antibacterial and acid gas absorption.

Keywords: Filter solution, dust filter, acid gas filter, wet filter membrane.

* Corresponding author.

E-mail address: hoangvanha@hus.edu.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4801>

Xác định hoạt độ của nước theo nồng độ chất tan ứng dụng trong điều chế dung dịch lọc ướt

Nguyễn Minh Châu, Phạm Thanh Đồng, Nguyễn Minh Việt,
Đỗ Đình Khải, Nguyễn Thị Thuý, Trịnh Thị Phong Hương,
Trần Đức Khánh, Vũ Hà Giang, Hoàng Văn Hà*

*Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội,
334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 01 tháng 7 năm 2021

Chỉnh sửa ngày 08 tháng 8 năm 2021; Chấp nhận đăng ngày 20 tháng 12 năm 2021

Tóm tắt: Theo Tổ chức Y tế Thế giới (WHO), ô nhiễm không khí chiếm vị trí thứ 6 trong số những nguyên nhân hàng đầu gây tử vong trên toàn cầu [1]. Lọc ướt được ứng dụng rộng rãi trong việc làm sạch bụi và có thể hấp thụ VOC cũng như khí axit. Dung dịch lọc ướt cần đảm bảo có hoạt độ nước thấp để hạn chế đưa thêm ẩm vào không khí, ức chế vi sinh vật phát triển, và có khả năng hấp thụ các khí độc hại. Nghiên cứu này khảo sát hoạt độ nước của các dung dịch NaCl, NaNO₃, K₂CO₃, KCl, K₂SO₄, Mg(NO₃)₂, MgCl₂, CaCl₂, NaOH ở các nồng độ từ không tới nồng độ bão hoà tại 25 °C. Dung dịch NaCl và NaOH ngoài khảo sát ở các nồng độ khác nhau còn được khảo sát ở nhiệt độ từ 0 tới 40 °C. Một số dung dịch lọc đã điều chế với phụ gia đảm bảo các tính chất: hoạt độ nước thấp, có khả năng kháng nấm, vi khuẩn và hấp thụ khí axit được đề xuất và xác định hoạt độ nước dung dịch.

Từ khóa: Dung dịch lọc, lọc bụi, lọc khí axit, màng lọc ướt.

1. Mở đầu

Với yêu cầu xử lý khí thải cũng như làm sạch không khí trong phòng ở các khu đô thị chúng ta cần có các kỹ thuật có thể làm giảm bụi và các khí axit như CO₂, H₂S, SO_x, NO_x phát sinh từ quá trình đốt cháy nhiên liệu hóa thạch, từ khí tự nhiên, khí công nghiệp và khí thải sinh hoạt. Do đó, các công nghệ loại bỏ khí axit hiệu quả và linh hoạt, hoạt động trên nhiều nồng độ và tốc độ dòng khác nhau nhận được nhiều quan tâm.

Các phương pháp công nghiệp thông thường để giảm khí axit, sử dụng các thiết bị hấp thụ khí như cột nhồi, tháp phun, tháp rửa venturi, cột sủi bọt, màng lọc ướt,... Trong các thiết bị này, sự

tiếp xúc khí-lỏng đạt được bằng cách phân tán pha khí trong pha lỏng để có được diện tích tiếp xúc lớn do đó tăng tốc độ truyền khối.

Dung dịch nước được ứng dụng phổ biến trong công nghiệp để hấp thụ các khí độc hại. Nhiều chất tăng cường hấp thụ khác nhau đã được ứng dụng để loại bỏ khí axit trong các thiết bị hấp thụ tiếp xúc. Chất hấp thụ bao gồm nước tinh khiết, dung dịch nước của NaOH, KOH, K₂CO₃, Na₂CO₃, Na₂SO₃, NaHCO₃, NH₃, các amin (MEA, DEA, MDEA, TEA, AMP, DGA, DIPA) và các muối axit amin [2-6].

Lựa chọn chất hấp thụ cần dựa trên một số tiêu chí như tốc độ hấp thụ, khả năng tái sinh, tính bền, độ nhớt và khả năng kháng vi sinh vật.

* Tác giả liên hệ.

Địa chỉ email: hoangvanha@hus.edu.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4801>

Sử dụng dung dịch chứa chất phản ứng nhanh với chất khí tạo ra tốc độ hấp thụ cao hơn và giảm hạn chế truyền khối trong chất lỏng. Carey T.R. & cs đã xây dựng mô hình hấp thụ và tách H₂S, CO₂ sử dụng dung dịch nước methyldiethanolamine [7]. Lu và cộng sự [5] đã sử dụng 2-amino-2-metyl-1-propanol (AMP), piperazine (PZ) làm chất kích hoạt thêm vào dung dịch methyldiethanolamine (MDEA) tạo thành hai dung dịch nước hoạt hóa của MDEA để thu nhận CO₂ từ hỗn hợp CO₂, N₂. Korikov và Sirkar [8] cũng nghiên cứu sự thẩm khí CO₂ từ hỗn hợp CO₂/N₂ có nồng độ CO₂ thấp vào chất hấp thụ có phản ứng mạnh như dung dịch KOH qua màng Poly(1-trimethylsilyl-1-propyne) vi xốp phẳng. Hạt nano cũng giúp dung dịch amin tăng cường hấp thụ CO₂. Khi bổ sung các hạt nano SiO₂, Al₂O₃, cacbon nano tube (CNT) và Fe₃O₄. Dung dịch chứa hạt nano SiO₂ và Al₂O₃ hiệu quả hơn ở nồng độ hạt nano cao (trên 0,1%), và chúng có thể nâng khả năng hấp thụ CO₂ lên đến 21% và 18%, tương ứng. Ngược lại, Fe₃O₄ và CNT có hiệu quả hơn ở nồng độ hạt nano thấp (nhỏ hơn 0,02%) và chúng có thể tăng hấp thụ khí tới 24% và 34%, tương ứng. Hạt nano CNT kết hợp dung dịch methyldiethanolamine có hiệu quả hơn khi kết hợp với dung dịch diethanolamine, hiệu suất hấp thụ tăng lên đến 23%. Sự hấp phụ khí trên bề mặt hạt nano dẫn đến khả năng hấp thụ cao hơn của chất lỏng chứa hạt ở điều kiện cân bằng [9].

Việc kiểm soát hoạt độ nước mang lại khả năng kháng vi sinh vật tự nhiên giúp dung dịch có thể hoạt động lâu dài. Hoạt độ của nước bắt

đầu được đề cập đến từ năm 1952, Scott đi đến kết luận rằng môi trường cho sự phát triển vi sinh vật như nấm mốc, vi khuẩn không chỉ phụ thuộc vào hàm lượng nước, mà còn phụ thuộc vào hoạt độ của nước (a_w) [10–13]. Nakagawa H. và cộng sự đã thay đổi tỷ lệ giữa glyxerol và nước để kiểm soát a_w từ đó nghiên cứu chi tiết cơ sở liên kết phân tử của a_w [14].

Hoạt độ của nước được định nghĩa như sau:

$$a_w = P/P_0 = ERH/100 \quad (1)$$

P = áp suất hơi riêng phần của đối tượng đo ở nhiệt độ T

P₀ = áp suất hơi bão hòa của nước tinh khiết tại nhiệt độ T

ERH = độ ẩm tương đối cân bằng tại T.

Hoạt độ của nước có thể được kiểm soát, khi a_w nhỏ hơn 0,75 sẽ làm chậm sự phát triển hoặc ức chế hoàn toàn vi sinh vật, đây là nguyên lý chung của dung dịch hấp thụ lọc ướt.

2. Thực nghiệm

2.1. Hóa chất, thiết bị

Các chất như muối, đường (sacarit, gluco, sobitol,...), axit vô cơ và hữu cơ đã được ứng dụng phổ biến trong lĩnh vực dân dụng để ức chế vi khuẩn và nấm mốc. Các hợp chất có tính kiềm được sử dụng hấp thụ khí axit như nước vôi, xút,...

Nghiên cứu này khảo sát các muối vô cơ an toàn, dung dịch NaOH và hỗn hợp bổ sung một số chất hữu cơ như muối benzoat, propionate, glycerol nhằm tăng độ nhớt, khả năng diệt vi sinh vật.

Bảng 1. Thành phần dung dịch hỗn hợp khảo sát a_w

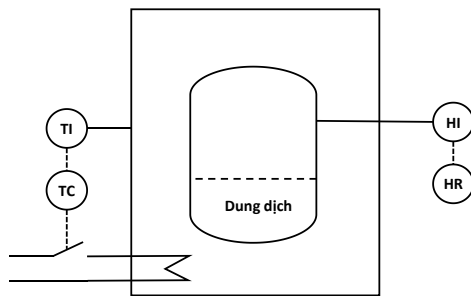
Mẫu	Nồng độ các chất trong dung dịch (g/100g nước)				
	NaCl	NaOH	MgCl ₂	Benzoat	Glycerol
M1	5	0,966	0	1,000	0
M2	10	0,931	0	1,000	0
M3	15	0,897	0	1,000	0
M4	20	0,863	0	1,000	0
M5	5	25,000	0	1,000	0
M6	10	25,000	0	1,000	0
M7	15	25,000	0	1,000	0
M8	5	0	20	1,000	5,000

Để thuận lợi trong điều chế và tính rõ ràng của hỗn hợp dung dịch, đơn vị nồng độ dung dịch khảo sát là gram chất tan trong 100g nước tinh khiết. Các muối vô cơ NaCl, NaNO₃, K₂CO₃, KCl, K₂SO₄, Mg(NO₃)₂, MgCl₂, CaCl₂ được khảo sát hoạt độ nước ở các nồng độ khác nhau tới nồng độ bão hoà ở 25 °C. Dung dịch NaCl và NaOH ngoài khảo sát ở các nồng độ khác nhau còn được được khảo sát ở nhiệt độ từ 0-40 °C. Dung dịch hoàn thiện, phối hợp các chất để đảm bảo đạt được các tính chất: hoạt độ nước thấp, có khả năng kháng nấm, vi khuẩn và hấp thụ khí axit được đề xuất và khảo sát hoạt độ nước (Bảng 1).

2.2. Khảo sát hoạt độ của các dung dịch lọc

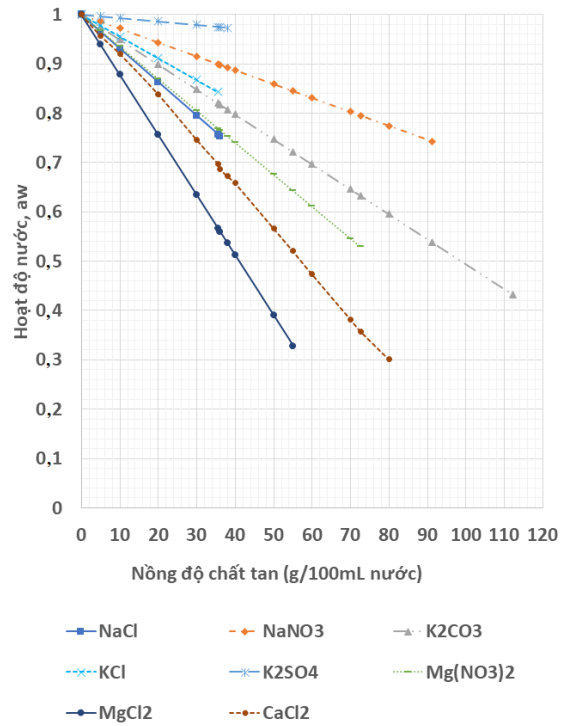
Các dung dịch sau khi điều chế sẽ được tiến hành khảo sát hoạt độ nước. Hoạt độ nước được đo theo hai phương pháp là xác định áp suất hơi nước bề mặt dung dịch rồi chia cho áp suất hơi nước bão hoà ở nhiệt độ tương ứng hoặc xác định độ ẩm tương đối theo công thức 1. Hiện nay các thiết bị đo độ ẩm đều cho ra giá trị độ ẩm tương đối có hiệu chỉnh nhiệt độ, như vậy có thể sử dụng trực tiếp giá trị đo RH ở điều kiện cân bằng giữa nước ở pha khí và nước trong dung dịch.

Hệ thí nghiệm khảo sát hoạt độ bao gồm một bình kín bằng thủy tinh, bên trong là một sensor đo nhiệt ẩm (DHT12, Aosong Electronics Co. Ltd. China) được điều khiển bởi vi xử lý Arduino (chip ATmega 328, Microchip Technology Inc. AZ, USA) bên ngoài (Hình 1). Hệ được kết nối với máy tính thông qua dây USB. Giá trị nhiệt độ và độ ẩm bên trong bình thủy tinh được ghi lại trên máy tính.



Hình 1. Hệ đo độ ẩm gồm bình kín chứa dung dịch, thiết bị hiển thị và ghi dữ liệu độ ẩm đặt trong một hộp điều nhiệt.

Hệ thiết bị được đặt trong một hộp nhỏ có bộ gia nhiệt bên trong để nâng nhiệt độ lên tới giá trị khảo sát. Hộp nhỏ này được đặt trong phòng lạnh. Tín hiệu từ hộp thiết bị được nối với máy tính bên ngoài. Nhiệt độ trong bình sẽ được duy trì ở các mức từ 0 tới 40 °C.



Hình 2. Hoạt độ nước của các dung dịch muối vô cơ ở 25 °C.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Hoạt độ nước một số môi vô cơ

Các muối vô cơ không độc phổ biến trên thị trường NaCl, NaNO₃, K₂CO₃, KCl, K₂SO₄, Mg(NO₃)₂, MgCl₂, CaCl₂ được lựa chọn để khảo sát hoạt độ nước. Dung dịch các muối vô cơ được khảo sát ở nồng độ tăng dần từ 0 g/100 g nước tới nồng độ bão hoà. Bảng 2 nồng độ bão hoà các muối vô cơ trong nghiên cứu.

Dung dịch các muối vô cơ cho thấy sự phụ thuộc khá tuyến tính của hoạt độ nước vào nồng độ. Với mục tiêu làm giảm hoạt độ nước xuống dưới 0,75 thì các muối CaCl₂, MgCl₂, NaCl,

Mg(NO₃)₂, K₂CO₃ có thể sử dụng để đạt được mục tiêu. Các muối này tương ứng với nồng độ 79,7 g/100 g, 55 g/100g, 38 g/100g, 72,6 g/100 g,

112,3 g/100 g giúp giảm hoạt độ nước xuống 0,301; 0,329; 0,756; 0,529; 0,432 tương ứng (Hình 2).

Bảng 2. Nồng độ bão hoà của một số muối vô cơ được khảo sát hoạt độ nước

Dung dịch	Độ tan ở 25°C g/100 g nước	Dung dịch	Độ tan ở 25°C g/100 g nước
NaCl	91,16	K ₂ SO ₄	72,64
NaNO ₃	112,30	Mg(NO ₃) ₂	55,05
K ₂ CO ₃	35,55	MgCl ₂	91,16
KCl	38,00		

3.2. Hoạt độ nước dung dịch NaCl

Dung dịch NaCl được đo hoạt độ nước ở dải nhiệt độ từ 0 tới 40 °C và nồng độ từ 0 tới 35 g/100 g nước. Kết quả Bảng 3 cho thấy hoạt độ nước của

dung dịch NaCl không bị ảnh hưởng đáng kể bởi nhiệt độ. Nồng độ NaCl là yếu tố chính làm giảm hoạt độ nước. Kết quả này phù hợp với khảo sát của Chirife J. và Resnik S. L. ở nồng độ từ 0,1 tới 6M và nhiệt độ 15 tới 60 °C [15].

Bảng 3. Hoạt độ nước của dung dịch NaCl

C (g/100g nước)	Nhiệt độ (°C)				
	0	5	10	15	20
0	1	1	1	1	1
5	0,966	0,966	0,966	0,966	0,966
10	0,932	0,932	0,932	0,932	0,932
15	0,898	0,898	0,898	0,898	0,898
20	0,864	0,864	0,864	0,864	0,863
25	0,830	0,830	0,830	0,830	0,829
30	0,796	0,796	0,796	0,795	0,795
35	0,761	0,762	0,762	0,761	0,761
	25	30	35	40	
0	1	1	1	1	
5	0,966	0,966	0,965	0,965	
10	0,931	0,931	0,931	0,930	
15	0,897	0,897	0,896	0,896	
20	0,863	0,862	0,861	0,861	
25	0,828	0,828	0,827	0,826	
30	0,794	0,793	0,792	0,791	
35	0,760	0,759	0,757	0,757	

3.3. Vai trò và hoạt độ nước của dung dịch NaOH

Natri hidroxit được sử dụng phổ biến trong công nghiệp để hấp thụ khí axit trong không khí. Theo QCVN 22: 2009/BTNMT với khí thải công nghiệp từ đốt khí ga, hệ số công suất P≤300 MW khu vực loại 3 nồng độ SO₂ 300 mg/m³ thì 1 mol NaOH hấp thụ được lượng SO₂ trong 106,7 m³

khí thải nhà máy điện. Trong không khí xung quanh theo QCVN 05:2013/BTNMT nồng độ SO₂ yêu cầu dưới 300 µg/m³. Nếu nồng độ SO₂ cao gấp đôi là 600 µg/m³ thì 1 mol NaOH hấp thụ được lượng khí SO₂ có trong 53.333 m³ không khí xung quanh. Điều này chứng tỏ rằng sử dụng dung dịch NaOH là khả thi để hấp thụ khí axit trong không khí xung quanh.

Bảng 4. Hoạt độ nước của các dung dịch NaOH ở nhiệt độ và nồng độ khác nhau

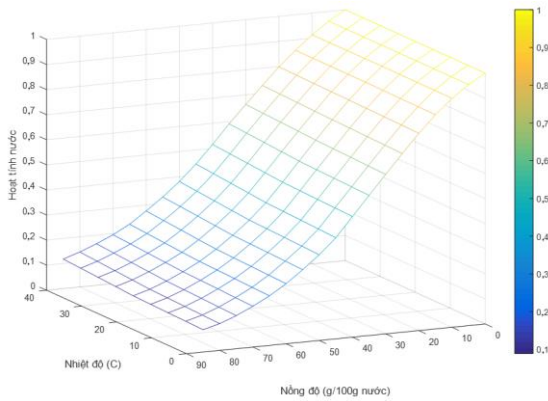
C (g/100 g nước)	Nhiệt độ (°C)				
	0	5	10	15	20
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
5	0,961	0,961	0,961	0,961	0,961
10	0,913	0,913	0,914	0,914	0,914
15	0,854	0,855	0,856	0,857	0,857
20	0,787	0,788	0,790	0,791	0,793
25	0,712	0,715	0,717	0,719	0,721
30	0,636	0,638	0,641	0,643	0,646
35	0,559	0,561	0,564	0,566	0,569
40	0,481	0,484	0,486	0,489	0,492
45	0,403	0,406	0,410	0,413	0,417
50	0,342	0,345	0,348	0,351	0,354
55	0,289	0,292	0,294	0,297	0,300
60	0,240	0,242	0,245	0,248	0,251
65	0,198	0,200	0,203	0,206	0,208
70	0,163	0,166	0,169	0,171	0,174
75	0,132	0,135	0,138	0,141	0,143
80	0,107	0,109	0,112	0,115	0,117
85	0,089	0,091	0,093	0,095	0,098
	25	30	35	40	
0	1,000	1,000	1,000	1,000	
5	0,961	0,961	0,961	0,961	
10	0,914	0,914	0,913	0,913	
15	0,857	0,858	0,858	0,858	
20	0,794	0,796	0,797	0,799	
25	0,723	0,726	0,729	0,731	
30	0,650	0,654	0,658	0,662	
35	0,575	0,580	0,586	0,591	
40	0,498	0,504	0,509	0,516	
45	0,424	0,431	0,437	0,444	
50	0,360	0,367	0,374	0,381	
55	0,306	0,313	0,319	0,326	
60	0,257	0,264	0,270	0,277	
65	0,213	0,219	0,225	0,231	
70	0,179	0,185	0,190	0,195	
75	0,149	0,154	0,160	0,166	
80	0,123	0,128	0,134	0,139	
85	0,103	0,108	0,113	0,118	

Bên cạnh đó NaOH cũng đóng góp nhiều vào việc làm giảm hoạt độ nước. Bảng 4 cho thấy khả năng làm giảm hoạt độ nước của dung dịch NaOH ở khoảng nhiệt độ từ 0 tới 40 °C và nồng độ từ 0 tới 85 g NaOH trong 100 g nước.

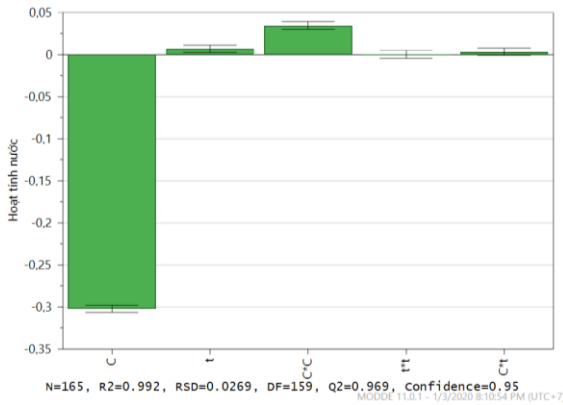
Mô hình đầy đủ các hệ số,

$$a_w = a_1 * C + a_2 * t + a_3 * C^2 + a_4 * t^2 + a_5 * C * t + b \quad (2)$$

Với C là nồng độ NaOH và t là nhiệt độ khảo sát.



Hình 3. Ảnh hưởng của nhiệt độ và nồng độ NaOH tới hoạt độ nước.

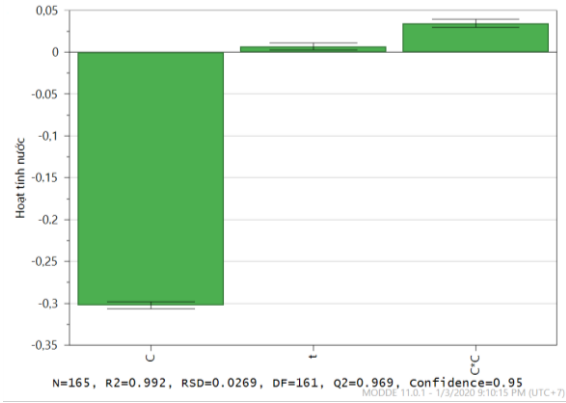


Hình 4. Các hệ số mô hình đầy đủ bậc 2 của hoạt độ nước tính theo nồng độ dung dịch NaOH.

Phù hợp hoá dữ liệu theo phương pháp bình phương tối thiểu tới bậc 2 cho thấy ảnh hưởng của nhiệt độ tới hoạt độ nước là rất nhỏ. Hình 3 đường ảnh hưởng của nhiệt độ ở một nồng độ xác định có xu hướng nằm ngang. Hình 4 thể hiện hệ số mô hình đầy đủ và sai số cho thấy nhiệt độ t làm tăng hoạt độ nước rất nhỏ. Hệ số t^2 và $C*t$ cũng có ảnh hưởng nhỏ và có sai số lớn hơn giá trị hệ số do đó mô hình loại bỏ hai số hạng a_4*t^2 và a_5*C*t .

Mô hình tối ưu sử dụng để tính hoạt độ nước theo nhiệt độ vào nồng độ NaOH được chọn như sau:

$$a_w = a_1 * C + a_2 * t + a_3 * C^2 + b \quad (3)$$



Hình 5. Các hệ số mô hình xác định hoạt độ nước tính theo nồng độ dung dịch NaOH.

Giá trị hệ số mô hình thể hiện ở Bảng 5.

Bảng 5. Các hệ số của mô hình

Hoạt độ nước	Hệ số	Độ lệch	P	Khoảng tin cậy (\pm)
Hằng số	0,471927	0,00314188	0	0,00620465
Nồng độ	-0,302391	0,00210183	0	0,00415075
Nhiệt độ	0,00700565	0,00210057	0,00105841	0,00414825
$C*C$	0,0343664	0,00235649	3,02671e-031	0,00465365
	Q2 =	0.969	Số điều kiện =	2.765
	R2 =	0.992	Độ tin cậy =	0.95

Như vậy mô hình để tính hoạt độ nước của dung dịch NaOH như sau:

$$a_{wNaOH} = -0,302391 * C + 0,00700565 * t + 0,0343664 * C^2 + 0,471927$$

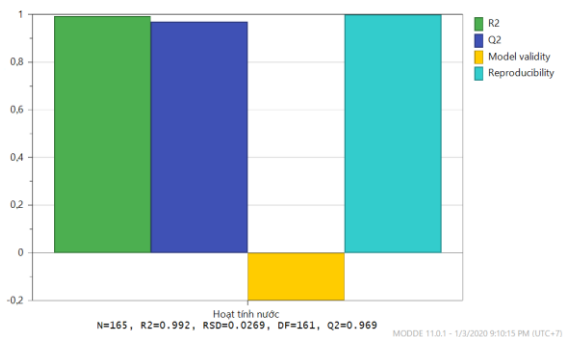
R2 xấp xỉ 1 cho thấy mô hình có sự tương quan chặt chẽ giữa biến (nhiệt độ, nồng độ) và đáp ứng (hoạt độ nước).

Q2 cho biết ước lượng về độ chính xác dự đoán của mô hình. Q2 nên lớn hơn 0,1 đối với

một mô hình có ý nghĩa và lớn hơn 0,5 đối với một mô hình tốt. Q2 là chỉ số tốt nhất và chính xác nhất để đánh giá mô hình. Mô hình lựa chọn cho giá trị Q2 gần 1 như vậy đảm bảo khả năng dự đoán, tính toán hoạt độ nước tốt.

Tính hợp lệ của mô hình (model validity): Kiểm tra các vấn đề đa dạng mô hình. Giá trị nhỏ hơn 0,25 cho biết các vấn đề liên quan tới ý nghĩa thống kê, chẳng hạn như sự hiện diện của các ngoại lệ, mô hình không chính xác hoặc vấn đề chuyển đổi đáp ứng. Giá trị thấp ở mô hình lựa chọn chỉ ra các số hạng có biến tương tác hoặc bình phương không sử dụng (trong mô hình này là t^*t và t^*C). Ngoài ra khi sai số ngẫu nhiên rất nhỏ (giá trị đo lặp lại tốt), tính hợp lệ của mô hình có thể thấp mặc dù mô hình tốt và hoàn chỉnh. Khi sai số nhỏ đến mức MODDE coi các mẫu lặp lại là như nhau, tính hợp lệ của mô hình được giảm thiểu vì không thể tính được.

Trong mô hình này hoạt độ nước sai số ở mức phần nghìn, độ lặp lại cao. Do đó model validity thấp nhưng mô hình đảm bảo là mô hình tốt và hoàn chỉnh.



Hình 6. Các chỉ số đánh giá mô hình của hoạt độ nước tính theo nồng độ dung dịch NaOH.

3.4. Hoạt độ nước dung dịch hỗn hợp các chất

Kiểm soát hoạt độ nước được ứng dụng để tăng thời gian sử dụng, kiểm soát vi sinh vật, kiểm soát độ ẩm môi trường, chưng cất thẩm thấu (Osmotic distillation-OD)... đã được nghiên cứu cũng như ứng dụng nhiều trong thực tế [12, 16-18]. Ứng dụng chính của OD là sản xuất các dung dịch nước cô đặc với sự thay đổi tối thiểu tới dinh dưỡng và thành phần dung dịch

bằng cách sử dụng dung dịch có hoạt độ nước thấp để hút nước. Quá trình này hoạt động ở nhiệt độ thường và tổng chất hòa tan được giữ lại bởi màng kỵ nước [18]. Ảnh hưởng của hoạt độ nước đến một số đặc điểm của sự phát triển của vi khuẩn được trình bày bởi Sperber [19]. Trong các môi trường dinh dưỡng, hoạt độ của nước là một trong một số yếu tố bảo quản tương tác với nhau tạo thành một hệ thống bảo quản. Hoạt độ của nước (a_w) đã được công nhận là một trong những yếu tố chính ảnh hưởng đến khả năng chịu nhiệt của vi sinh vật trong thực phẩm có độ ẩm thấp [20].

Sự kết hợp các hợp chất trong dung dịch lọc ướn như NaCl, NaOH, $MgCl_2$ làm giảm hoạt độ nước, bezoat natri ức chế vi sinh vật và glycerol tăng độ nhớt dung dịch giúp dung dịch bám trên màng tốt hơn. NaOH đóng vai trò chính trong việc hấp thụ khí axit. Một số phụ gia có thể được sử dụng để tăng tính đồng đều của dung dịch trên mặt màng cũng như ức chế vi sinh vật phổ rộng.

Bảng 6. Hoạt độ nước của dung dịch lọc hỗn hợp

Mẫu	M1	M2	M3	M4	M5
a_w	0,963	0,930	0,893	0,858	0,676
STD	0,005	0,002	0,002	0,004	0,007
Mẫu	M6	M7	M8	M9	M10
a_w	0,648	0,604	0,631	0,598	0,556
STD	0,008	0,008	0,008	0,013	0,004

Sự phối trộn các hợp chất cho thấy khả năng giảm hoạt độ nước tới giá trị yêu cầu nhằm ức chế vi khuẩn và nấm mốc trong buồng lọc. Các mẫu từ M5 tới M10 có thể sử dụng với các mục đích khác nhau như giữ, tiêu diệt vi sinh vật (M8-M10) hay tập trung loại bỏ khí axit (M5-M7).

4. Kết luận

Hoạt độ nước ở 25 °C của các muối NaCl, $NaNO_3$, K_2CO_3 , KCl, K_2SO_4 , $Mg(NO_3)_2$, $MgCl_2$, $CaCl_2$ từ 0 g/100g nước tới nồng độ bão hòa đã được khảo sát chi tiết. Trong đó dung dịch các muối NaCl, $MgCl_2$, và $CaCl_2$ có khả năng làm giảm sâu hoạt độ nước xuống dưới 0,75.

Hoạt độ nước của dung dịch NaCl và NaOH được khảo sát ở các nhiệt độ khác nhau từ 0 tới 40°C. Mô hình để tính hoạt độ nước của dung dịch NaOH như sau: $a_{wNaOH} = -0,302391 * C + 0,00700565 * t + 0,0343664 * C^2 + 0,471927$

Hỗn hợp các muối, kiềm và phụ gia đề xuất đảm bảo các mục tiêu đặt ra của dung dịch lọc ướat đạt độ ẩm dưới 0,7 bao gồm các mẫu từ M5 tới M10 (với M5-M7 loại bỏ khí axit, M8-M10 tiêu diệt vi sinh vật).

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được hỗ trợ bởi Chương trình Khoa học và Công nghệ cấp thành phố Hà Nội mã số 01C-09/04-2018-3.

Tài liệu tham khảo

- [1] F. Chen, X. Yang, H. K. C. Mak, D. W. T. Chan, Photocatalytic Oxidation for Antimicrobial Control in Built Environment: A Brief Literature Overview, *Build. Environ.*, Vol. 45, 2010, pp. 1747-1754, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.01.024>.
- [2] H. Suleman, A. S. Maulud, Z. Man, Review and selection Criteria of Classical Thermodynamic Models for Acid Gas Absorption in Aqueous Alkanolamines, *Rev. Chem. Eng.*, Vol. 31, 2015, pp. 599-639, <https://doi.org/10.1515/revce-2015-0030>.
- [3] D. M. Austgen, G. T. Rochelle, X. Peng, C. C. Chen, Model of Vapor-Liquid Equilibria for Aqueous Acid Gas-Alkanolamine Systems Using the Electrolyte-NRTL Equation, *Ind. Eng. Chem. Res.*, Vol. 28, 1989, pp. 1060-1073, <https://doi.org/10.1021/ie00091a028>.
- [4] Z. Zhang, Comparisons of Various Absorbent Effects on Carbon Dioxide Capture in Membrane Gas Absorption (MGA) Process, *J. Nat. Gas Sci. Eng.*, Vol. 31, pp. 2016, pp. 589-595, <https://doi.org/10.1016/j.jngse.2016.03.052>.
- [5] J. G. Lu, Y. F. Zheng, M. D. Cheng, L. J. Wang, Effects of Activators on Mass-transfer Enhancement in A Hollow Fiber Contactor Using Activated Alkanolamine Solutions, *J. Memb. Sci.*, Vol. 289, 2007, pp. 138-149, <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2006.11.042>.
- [6] A. Mansourizadeh, A. F. Ismail, Hollow Fiber Gas-liquid Membrane Contactors for Acid Gas Capture: A review, *J. Hazard. Mater.*, Vol. 171, 2009, pp. 38-53, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.06.026>.
- [7] T. R. Carey, J. E. Hermes, G. T. Rochelle, A model of Acid Gas Absorption/Stripping Using Methyl-diethanolamine with Added Acid, *Gas Sep. Purif.*, Vol. 5, 1991, pp. 95-109, [https://doi.org/10.1016/0950-4214\(91\)80006-Q](https://doi.org/10.1016/0950-4214(91)80006-Q).
- [8] A. P. Korikov, K. K. Sirkar, Membrane Gas Permeance in Gas-liquid Membrane Contactor Systems for Solutions Containing A Highly Reactive Absorbent, *J. Memb. Sci.*, Vol. 246, 2005, pp. 27-37, <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2004.06.042>.
- [9] B. Rahmatmand, P. Keshavarz, S. Ayatollahi, Study of Absorption Enhancement of CO₂ by SiO₂, Al₂O₃, CNT, and Fe₃O₄ Nanoparticles in Water and Amine Solutions, *J. Chem. Eng. Data*, pp. 61, 2016, pp. 1378-1387, <https://doi.org/10.1021/acs.jced.5b00442>.
- [10] H. D. Belitz, W. Grosch, P. Schieberle, *Food Chemistry*, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2009, <https://doi.org/10.1007/978-3-540-69934-7>.
- [11] S. O. Rakhimova, The Activity of Water in the Fresh and Pre Treated Melons, *J. Food Process. Technol.*, Vol. 5, 2014, <https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000299>.
- [12] I. Šostakienė, J. Blazgienė, Water Activity Influence on the Safe Aging Period of Condensed, *Annu. Rev. Food Sci. Technol.*, Vol. 11, 2010, pp. 21-24.
- [13] W. Scott, Water Relations of Staphylococcus Aureus at 30 °C, *Aust. J. Biol. Sci.*, Vol. 6, 1953, pp. 549, <https://doi.org/10.1071/BI9530549>.
- [14] H. Nakagawa, T. Oyama, Molecular Basis of Water Activity in Glycerol-Water Mixtures, *Front. Chem.*, Vol. 7, 2019, pp. 731, <https://doi.org/10.3389/fchem.2019.00731>.
- [15] J. Chirife, S. L. Resnik, Unsaturated Solutions of Sodium Chloride as Reference Sources of Water Activity at Various Temperatures, *J. Food Sci.*, Vol. 49, 1984, pp. 1486-1488, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1984.tb12827.x>.
- [16] C. F. Forney, D. G. Brandl, Control of Humidity in Small Controlled-environment Chambers using Glycerol-Water Solutions, *Horttechnology*, Vol. 2, 2018, pp. 52-54, <https://doi.org/10.21273/horttech.2.1.52>.

- [17] D. L. Seman, S. C. Quickert, A. C. Borger, J. D. Meyer, Inhibition of *Listeria Monocytogenes* Growth in Cured Ready-to-eat Meat Products by use of Sodium Benzoate and Sodium Diacetate, *J. Food Prot.*, Vol. 71, 2008, pp. 1386-1392, <https://doi.org/10.4315/0362-028X-71.7.1386>.
- [18] R. A. Johnson, M. H. Nguyen, Understanding Membrane Distillation and Osmotic Distillation, *Underst. Membr. Distill. Osmotic Distill.*, 2017, <https://doi.org/10.1002/9781118880319>.
- [19] W. H. Sperber, Influence of Water Activity on Foodborne Bacteria - A Review, *J. Food Prot.*, Vol. 46, 1983, pp. 142-150, <https://doi.org/10.4315/0362-028x-46.2.142>.
- [20] R. M. Syamaladevi, J. Tang, R. V. Rojas, S. Sablani, B. Carter, G. Campbell, Influence of Water Activity on Thermal Resistance of Microorganisms in Low-Moisture Foods: A Review, *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, Vol. 15, 2016, pp. 353-370, <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12190>.